



**Eur päisches  
Patentamt**

**European  
Patent Office**

**Office européen  
des brevets**

**Bescheinigung**

**Certificate**

**Attestation**

Die angehefteten Unterlagen stimmen mit der ursprünglich eingereichten Fassung der auf dem nächsten Blatt bezeichneten europäischen Patentanmeldung überein.

The attached documents are exact copies of the European patent application described on the following page, as originally filed.

Les documents fixés à cette attestation sont conformes à la version initialement déposée de la demande de brevet européen spécifiée à la page suivante.

**Patentanmeldung Nr.    Patent application No.    Demande de brevet n°**

02102464. 1

Der Präsident des Europäischen Patentamts:  
Im Auftrag

For the President of the European Patent Office

Le Président de l'Office européen des brevets  
p.o.

**R C van Dijk**





Anmeldung Nr:  
Application no.: 02102464.1  
Demande no:

Anmeldetag:  
Date of filing: 18.10.02  
Date de dépôt:

Anmelder/Applicant(s)/Demandeur(s):

Ford Global Technologies, Inc.,  
A subsidiary of Ford Motor Company  
600 Parklane Towers East  
Dearborn,  
Michigan 48126  
ETATS-UNIS D'AMERIQUE

Bezeichnung der Erfindung/Title of the invention/Titre de l'invention:  
(Falls die Bezeichnung der Erfindung nicht angegeben ist, siehe Beschreibung.  
If no title is shown please refer to the description.  
Si aucun titre n'est indiqué se référer à la description.)

VERFAHREN ZUR REDUZIERUNG DER ABGASEMISSIONEN EINES MOTORSYSTEMS

In Anspruch genommene Priorität(en) / Priority(ies) claimed /Priorité(s)  
revendiquée(s)  
Staat/Tag/Aktenzeichen/State/Date/File no./Pays/Date/Numéro de dépôt:

Internationale Patentklassifikation/International Patent Classification/  
Classification internationale des brevets:

F01N3/00

Am Anmeldetag benannte Vertragstaaten/Contracting states designated at date of  
filing/Etats contractants désignées lors du dépôt:

AT BE BG CH CY CZ DE DK EE ES FI FR GB GR IE IT LI LU MC NL PT SE SK TR



Verfahren zur Reduzierung der Abgasemissionen eines Motorsystems

Die Erfindung betrifft ein Verfahren zur Reduzierung der Abgasemissionen während des Kaltstarts einer Brennkraftmaschine, die mit einem Startermotor gekoppelt ist und in deren Abgasleitung eine Abgasbehandlungseinrichtung angeordnet ist. Ferner betrifft die Erfindung ein Motorsystem enthaltend eine Brennkraftmaschine, einen mit der Brennkraftmaschine gekoppelten Startermotor und eine in  
5 der Abgasleitung der Brennkraftmaschine angeordnete Abgasbehandlungseinrichtung.

Zur Entfernung von Schadstoffen wie insbesondere Kohlenwasserstoffen (HC) und Stickoxiden ( $\text{NO}_x$ ) aus dem Abgas von Brennkraftmaschinen werden üblicherweise Abgasbehandlungseinrichtungen eingesetzt. Diese müssen jedoch eine bestimmte Betriebstemperatur erreicht haben, bevor sie wirksam werden können. Während des Kaltstarts eines Motors gelangen daher für einen gewissen Zeitraum Schadstoffe unvermindert in die Atmosphäre, was erheblich zur gesamten während einer Fahrt emittierten Schadstoffmenge beiträgt.  
15

Zur Minimierung der Abgasemissionen während eines Kaltstarts wird versucht, die Zeit bis zum Erreichen der Betriebstemperatur der Abgasbehandlungseinrichtung zu verkürzen. Diesbezüglich wird häufig die Belastung der Brennkraftmaschine künstlich erhöht, um einen großen Abgasstrom bei höherer Temperatur zu erzeugen. Die höhere Belastung der Brennkraftmaschine hat jedoch gleichzeitig eine vermehrte Produktion von Schadstoffen zur Folge, was der gewünschten Emissionsreduktion entgegenwirkt.  
20

Vor diesem Hintergrund war es Aufgabe der vorliegenden Erfindung, ein Verfahren sowie ein entsprechend ausgebildetes Motorsystem bereitzustellen, die bzw.  
25

das eine weitere Reduzierung der Abgasemissionen während des Kaltstarts einer Brennkraftmaschine erlaubt.

5 Diese Aufgabe wird durch ein Verfahren mit den Merkmalen des Anspruchs 1, durch ein Verfahren mit den Merkmalen des Anspruchs 4 sowie durch ein Motorsystem mit den Merkmalen des Anspruchs 8 gelöst.

Vorteilhafte Ausgestaltungen sind in den Unteransprüchen enthalten.

10 Das erfindungsgemäße Verfahren dient der Reduzierung der Abgasemissionen während des Kaltstarts einer Brennkraftmaschine, die mit einem Startermotor ("Anlasser") gekoppelt ist und in deren Abgasleitung eine Abgasbehandlungseinrichtung wie zum Beispiel ein Oxidationskatalysator oder eine Stickoxidfalle angeordnet ist. Das Verfahren ist dadurch gekennzeichnet, daß die Brennkraftmaschine bis zum Erreichen der Betriebstemperatur der Abgasbehandlungseinrichtung durch den Startermotor unterstützt wird.

Der Startermotor wird benötigt, um die Brennkraftmaschine anzulassen. Sobald diese durch die Verbrennung von Kraftstoff ihre Rotation selbst aufrechterhält, wird der Startermotor üblicherweise abgeschaltet. Im Gegensatz hierzu bleibt der Startermotor beim obigen Verfahren auch nach dem Anspringen der Brennkraftmaschine noch in Betrieb, um parallel zur Brennkraftmaschine mechanische Leistung abzugeben. Ein Startermotor der heute üblichen Art und Bauweise ist allerdings in der Regel nicht in der Lage das durch die beschriebene Anordnung erforderliche Drehmoment ohne Änderungen der Bauweise aufzubringen. Es ist daher ein modifizierter Startermotor oder der Einsatz eines sogenannten Starter-Generators erforderlich. Ein Starter-Generator vereinigt die üblicherweise getrennten Funktionen von Startermotor und Generator oder Lichtmaschine in einem Bauteil. Der Starter-Generator ist üblicherweise direkt mit der Kurbelwelle der Brennkraftmaschine gekoppelt. Durch den Leistungsbeitrag des Startermotors verringert sich die Belastung der Brennkraftmaschine entsprechend. Im Extremfall kann der Startermotor sogar die gesamte mechanische Last des Antriebsstranges und eventuell vorhandener Hilfseinrichtungen (Pumpen etc.) übernehmen. Aufgrund

der verringerten Belastung werden von der Brennkraftmaschine weniger Schadstoffe erzeugt. Überraschenderweise zeigt sich dabei, daß auf diese Weise insgesamt eine Reduzierung der Abgasemissionen während des Kaltstarts erzielt werden kann, obgleich es wegen der niedrigeren Abgastemperaturen in der Regel  
5 länger dauert, bis die Abgasbehandlungseinrichtung ihre Betriebstemperatur erreicht.

Die Leistungsabgabe des Startermotors während des Kaltstarts wird vorzugsweise derart geregelt, daß bereits existierende und/oder bevorstehende Leistungsanfor-  
10 derungen des Antriebssystems und/oder von Hilfseinrichtungen des Kraftfahrzeuges (zum Beispiel Pumpen) vom Startermotor erfüllt werden. Die vorausschauende Steuerung des Startermotors im Hinblick auf zukünftige Lasten stellt dabei sicher, daß sich derartige Lasten nicht auf die Brennkraftmaschine und damit den Schadstoffausstoß auswirken können.

15

Nach Erreichen der Betriebstemperatur der Abgasbehandlungseinrichtung, d. h. nach Beendigung des Kaltstarts, wird der Startermotor vorzugsweise als Generator betrieben. Die während des Kaltstarts durch den Parallelbetrieb des Startermo-  
tors verbrauchte elektrische Energie kann dann regeneriert werden.

20

Gemäß einem weiteren Verfahren zur Reduzierung der Abgasemissionen während des Kaltstarts einer Brennkraftmaschine, welche mit einem Startermotor gekoppelt ist und in deren Abgasleitung eine Abgasbehandlungseinrichtung angeordnet ist, wird die Kraftstoffzufuhr zur Brennkraftmaschine erst bei Überschreiten  
25 einer Drehzahl nahe oder gleich der Leerlaufdrehzahl aufgenommen. Die Leerlaufdrehzahl liegt heutzutage bei kalten Motoren bei ca. 1000 U/min, um dann bei warmen Motoren auf um die 800 U/min zu sinken. Die Kraftstoffzufuhr erfolgt somit erheblich später als bei bekannten Startverfahren, bei denen in der Regel die Kraftstoffzufuhr bei etwa 100 bis 300 U/min einsetzt. Überraschenderweise hat  
30 sich jedoch gezeigt, daß diese "späte" Kraftstoffinjektion zu einer erheblichen Reduzierung der Abgasemissionen führt. Eine besonders hohe Abgasreduktion wird erhalten, wenn ein derartiges Verfahren mit der zuvor beschriebenen Belastungs-

reduktion der Brennkraftmaschine durch Parallelbetrieb des Startermotors kombiniert wird.

5 Zur weiteren Minimierung der Abgasemissionen während des Kaltstarts kann das Erreichen der Betriebstemperatur der Abgasbehandlungseinrichtung beschleunigt werden. Eine solche Beschleunigung kann zum Beispiel durch die Verzögerung der Funkenzündung einer fremdgezündeten Brennkraftmaschine, durch die Erwärmung der Abgasbehandlungseinrichtung mittels aktiver (vorzugsweise elektrischer) Heizelemente und/oder durch die Verzögerung der Schaltvorgänge eines mit der Brennkraftmaschine gekoppelten Automatikgetriebes erreicht werden.

15 Die Erfindung betrifft weiterhin ein Motorsystem enthaltend eine Brennkraftmaschine, einen mit der Brennkraftmaschine gekoppelten Startermotor und eine in der Abgasleitung der Brennkraftmaschine angeordnete Abgasbehandlungseinrichtung. Das Motorsystem ist gekennzeichnet durch einen mit dem Startermotor gekoppelten Regler, wobei der Regler dahingehend ausgebildet ist, eines der Verfahren der vorstehend erläuterten Art auszuführen. D. h., daß der Regler gemäß einer ersten Variante den Startermotor so ansteuern kann, daß dieser bis zum Erreichen der Betriebstemperatur der Abgasbehandlungseinrichtung betrieben wird und dabei für eine Reduzierung beziehungsweise Minimierung der Belastung der Brennkraftmaschine sorgt. Gemäß einer zweiten Variante ist der Regler (zusätzlich oder alternativ) dahingehend ausgebildet, die Kraftstoffzufuhr zur Brennkraftmaschine erst bei Überschreiten einer Drehzahl, die nahe oder gleich der Leerlaufdrehzahl ist, einzuleiten.

25

Bei dem Startermotor des Motorsystems kann es sich insbesondere um einen sogenannten Starter-Generator handeln, welcher sowohl als ein Starter oder Anlasser, der elektrische Energie in mechanische umwandelt, wie auch als ein Generator, der mechanische Energie in elektrische umwandelt, betrieben werden kann.

30 Leistungsfähige integrierte Starter-Generatoren sind insbesondere bei modernen Kraftfahrzeugen vorhanden, die in einem Stop-and-go-Modus betrieben werden, bei welchem die Brennkraftmaschine bei jedem längeren Halt abgeschaltet wird.

Gemäß einer Weiterbildung des Motorsystems weist die Abgasbehandlungseinrichtung eine elektrische Heizeinrichtung auf. Mit dieser Heizeinrichtung kann während eines Kaltstarts eine beschleunigte Erwärmung der Abgasbehandlungseinrichtung aktiv unterstützt werden, ohne daß die Brennkraftmaschine hierdurch  
5 belastet würde.

Im Folgenden wird die Erfindung anhand der Figur beispielhaft näher erläutert.

Die einzige Figur zeigt schematisch die Komponenten eines erfindungsgemäßen  
10 Motorsystems.

Das Motorsystem umfaßt einen Antriebsstrang, welcher der Reihe nach enthält: eine Brennkraftmaschine 3, einen an der Ausgangswelle der Brennkraftmaschine 3 angeordneten Starter-Generator 4, eine Kupplung 5, ein automatisches Ge-  
15 triebe 6, ein Achsgetriebe 7 sowie die angetriebenen Räder 8. In der von der Brennkraftmaschine 3 abzweigenden Abgasleitung 11 ist als Abgasbehandlungseinrichtung ein Katalysator 1 angeordnet, der mit einer elektrischen Zusatzheizung 12 gekoppelt ist. Weiterhin werden von der Brennkraftmaschine 3 Zusatzeinrichtungen 2 wie zum Beispiel verschiedene Pumpen angetrieben.

20 Bei einem Betrieb des dargestellten Motorsystems zeigt sich, daß die ersten (größenordnungsmäßig fünfzehn) Sekunden nach einem Kaltstart der Brennkraftmaschine 3 kritisch für die Gesamtmenge an während der Fahrtzeit emittierten Schadstoffen sind, insbesondere an Kohlenwasserstoffen HC und Stickoxi-  
25 den NO<sub>x</sub>. Dies hat seinen Grund darin, daß der Katalysator 1 erst nach Erreichen einer minimalen Betriebstemperatur aktiv wird. Um die benötigte Warmlaufzeit durch einen höheren Abgasstrom mit höherer Temperatur zu verkürzen, wird daher häufig die Belastung der Brennkraftmaschine 3 während des Kaltstarts künstlich erhöht.

30 Im Gegensatz zu diesem bekannten Vorgehen wird erfindungsgemäß die Belastung der Brennkraftmaschine 3 während des Warmlaufens reduziert beziehungsweise minimiert, indem der Starter-Generator 4 auch nach dem Anspringen

der Brennkraftmaschine 3 noch weiterbetrieben wird und daher mechanische Leistung in den Antriebsstrang einspeist. Im Extrem- bzw. Idealfall kann diese Leistung des Starter-Generators 4 so groß sein, daß sie das gesamte Drehmoment für den Antrieb des Kraftfahrzeuges sowie den Betrieb der Zusatzeinrichtungen 2 erzeugt. Die damit verbundene Entlastung der Brennkraftmaschine 3 führt dazu, daß deren Produktion an HC und NO<sub>x</sub> Emissionen minimiert wird. Statt auf eine möglichst schnelle Erwärmung des Katalysators 1 (ohne Rücksicht auf die dabei erzeugten zusätzlichen Emissionen) wird somit vorliegend das Augenmerk vorrangig darauf gerichtet, die Produktion an Schadstoffen zu minimieren. Es zeigt sich, daß auf diese Weise trotz der Verlängerung der Aufwärmphase des Katalysators 1 insgesamt eine Emissionsreduktion erreicht werden kann.

Zur Durchführung des erfindungsgemäßen Verfahrens ist ein entsprechend eingerichteter Antriebsstrang-Regler 10 vorgesehen, der zum Beispiel als Mikrocomputer beziehungsweise als Programm in einer vorhandenen Motorsteuerung ausgebildet sein kann. Der Regler 10 ist dazu eingerichtet, die Leistung des Starter-Generators 4 so zu kontrollieren, daß die Drehmomentanforderungen für den Antrieb des Kraftfahrzeuges und für gemessene oder vorhergesagte Belastungen der Zusatzeinrichtungen 2 erfüllt werden. Zu diesem Zweck ist der Regler 10 mit den Zusatzeinrichtungen 2, der Brennkraftmaschine 3, dem Starter-Generator 4, dem Katalysator 1 und einer darin enthaltenen Heizeinrichtung 12, der Kupplung 5 sowie dem Getriebe 6 gekoppelt. Weiterhin erhält der Regler 10 von einer Einrichtung 9 (zum Beispiel dem Gaspedal) eine Information über die geforderte Antriebsleistung, so daß er hierauf reagieren kann. Aufgrund der weitgehenden Übernahme von Lasten durch den Starter-Generator 4 kann die Brennkraftmaschine 3 dann unter geringer Belastung und somit mit geringen Schadstoffemissionen warmlaufen.

Bei der beschriebenen Drehmomententlastung der Brennkraftmaschine 3 kann es typischerweise zwei bis drei Minuten dauern, bis der Katalysator 1 seine Betriebstemperatur erreicht. Die Aufwärmzeit hängt dabei im Wesentlichen von der Umgebungstemperatur sowie vom Massenfluß der warmen Abgase ab, welcher eine Funktion der Motorgröße und der Drehzahl ist. Um die Aufwärmzeit zu verkürzen,

können vom Regler 10 weitere Maßnahmen wie zum Beispiel eine Verzögerung der Funkenzündung in der (fremdgezündeten) Brennkraftmaschine 3 sowie eine Verzögerung der Schaltpunkte im Automatikgetriebe 6 eingeleitet werden. Weiterhin kann der Katalysator 1 durch den Einsatz der aktiven elektrischen Heizeinrichtung 12 zusätzlich aufgeheizt werden.

Die Entlastung der Brennkraftmaschine 3 während eines Kaltstarts kann zur weiteren Reduktion der HC und NO<sub>x</sub> Emissionen mit einer Strategie des Startens bei hoher Drehzahl kombiniert werden. Bei einer derartigen Strategie erfolgt die Kraftstoffzufuhr zur Brennkraftmaschine erst bei sehr viel höheren Drehzahlen als üblich. Insbesondere konnte in Messungen eine erhebliche Reduktion der Emissionen während des Startens nachgewiesen werden, wenn die Drehzahl, bei welcher die Kraftstoffinjektion beginnt, von üblicherweise 100 bis 300 U/min auf oder nahe der Leerlaufdrehzahl (ca. 800 U/min) erhöht wird.

15

Zusammenfassend ergibt sich somit folgendes Vorgehen beim Starten des Kraftfahrzeuges:

1. Anlassen der Brennkraftmaschine 3 mit dem Starter-Generator 4 und Beginn der Kraftstoffinjektion, wenn die Drehzahl der Brennkraftmaschine die Leerlaufdrehzahl (annähernd) erreicht.
2. Messen der mechanischen Zusatzlasten und Regelung des Starter-Generators 4 zur Erzeugung eines Zusatzdrehmomentes, das die Summe der mechanischen Lasten und der Antriebsanforderungen abdeckt.
3. Schnellstmögliche Erhöhung der Temperatur des Katalysators 1 durch
  - a) einen erhöhten Abgasfluß durch verzögerte Schaltvorgänge bei einem Kraftfahrzeug mit Automatikgetriebe;
  - b) Verzögerung der Funkenzündung in einer fremdgezündeten Brennkraftmaschine;

30

- c) elektrische Aufheizung des Katalysators 1, falls entsprechende Heizelemente 12 vorhanden sind.
- 5 4. Nach dem Erreichen der Betriebstemperatur des Katalysators 1 kann die Leistungsunterstützung durch den Starter-Generator 4 beendet werden. Stattdessen wird der Starter-Generator 4 anschließend vorzugsweise als Generator betrieben, um die während des Startvorganges verbrauchte elektrische Energie zu ersetzen.

Patentansprüche

1. Verfahren zur Reduzierung der Abgasemissionen während des Kaltstarts einer Brennkraftmaschine (3), die mit einem Startermotor (4) gekoppelt ist und in deren Abgasleitung (11) eine Abgasbehandlungseinrichtung (1) angeordnet ist,  
dadurch gekennzeichnet, daß  
die Brennkraftmaschine bis zum Erreichen der Betriebstemperatur der Abgasbehandlungseinrichtung (1) durch den Startermotor (4) unterstützt wird.
2. Verfahren nach Anspruch 1,  
dadurch gekennzeichnet, daß  
die Leistungsabgabe des Startermotors (4) derart geregelt wird, daß existierende und/oder bevorstehende Leistungsanforderungen des Antriebssystems und/oder von Hilfseinrichtungen (2) durch den Startermotor (4) erfüllt werden.
3. Verfahren nach Anspruch 1 oder 2,  
dadurch gekennzeichnet, daß  
der Startermotor (4) nach dem Erreichen der Betriebstemperatur der Abgasbehandlungseinrichtung (1) als Generator betrieben und die während des Kaltstarts verbrauchte elektrische Energie regeneriert wird.
4. Verfahren zur Reduzierung der Abgasemissionen während des Kaltstarts einer Brennkraftmaschine (3), die mit einem Startermotor (4) gekoppelt ist und in deren Abgasleitung (11) eine Abgasbehandlungseinrichtung (1) angeordnet ist, insbesondere Verfahren nach mindestens einem der Ansprüche 1 bis 3,  
dadurch gekennzeichnet, daß

die Kraftstoffzufuhr zur Brennkraftmaschine (3) erst bei Überschreiten einer Drehzahl nahe oder gleich der Leerlaufdrehzahl einsetzt.

5 5. Verfahren nach mindestens einem der Ansprüche 1 bis 4,  
dadurch gekennzeichnet, daß  
die Funkenzündung der Brennkraftmaschine (3) verzögert wird.

10 6. Verfahren nach mindestens einem der Ansprüche 1 bis 5,  
dadurch gekennzeichnet, daß  
die Abgasbehandlungseinrichtung (1) durch aktive Heizelemente (12) erwärmt wird.

15 7. Verfahren nach mindestens einem der Ansprüche 1 bis 6,  
dadurch gekennzeichnet, daß  
die Schaltvorgänge eines mit der Brennkraftmaschine (3) gekoppelten Automatikgetriebes (6) verzögert werden.

20 8. Motorsystem enthaltend eine Brennkraftmaschine (3), einen hiermit gekoppelten Startermotor (4) und eine in der Abgasleitung (11) der Brennkraftmaschine angeordnete Abgasbehandlungseinrichtung (1), gekennzeichnet  
25 durch einen mit dem Startermotor (4) gekoppelten Regler (10), welcher dazu eingerichtet ist, ein Verfahren nach mindestens einem der Ansprüche 1 bis 7 auszuführen.

30 9. Motorsystem nach Anspruch 8,  
dadurch gekennzeichnet, daß  
der Startermotor als Starter-Generator (4) ausgebildet ist.

10. Motorsystem nach Anspruch 8 oder 9,  
dadurch gekennzeichnet, daß  
die Abgasbehandlungseinrichtung (1) mit einer elektrischen Heizeinrich-  
5 tung (12) gekoppelt ist.



## Zusammenfassung

### Verfahren zur Reduzierung der Abgasemissionen eines Motorsystems

Die Erfindung betrifft ein Verfahren zur Reduzierung der Abgasemissionen während des Kaltstarts einer Brennkraftmaschine (3). Gemäß dem Verfahren wird bis zum Erreichen der Betriebstemperatur eines Abgaskatalysators (1) ein Startermotor (4) parallel zur Brennkraftmaschine (3) betrieben, um diese zu entlasten und damit die Schadstoffproduktion zu minimieren. Das Aufwärmen des Katalysators (1) kann vorzugsweise durch eine verzögerte Funkenzündung der Brennkraftmaschine (3), durch ein verzögertes Schalten des Automatikgetriebes (6) und/oder durch eine elektrische Zusatzheizung des Katalysators (1) beschleunigt werden.





